

分散型プラズマアクチュエータと物体形状の統合最適設計による 仮想空力形状の実現



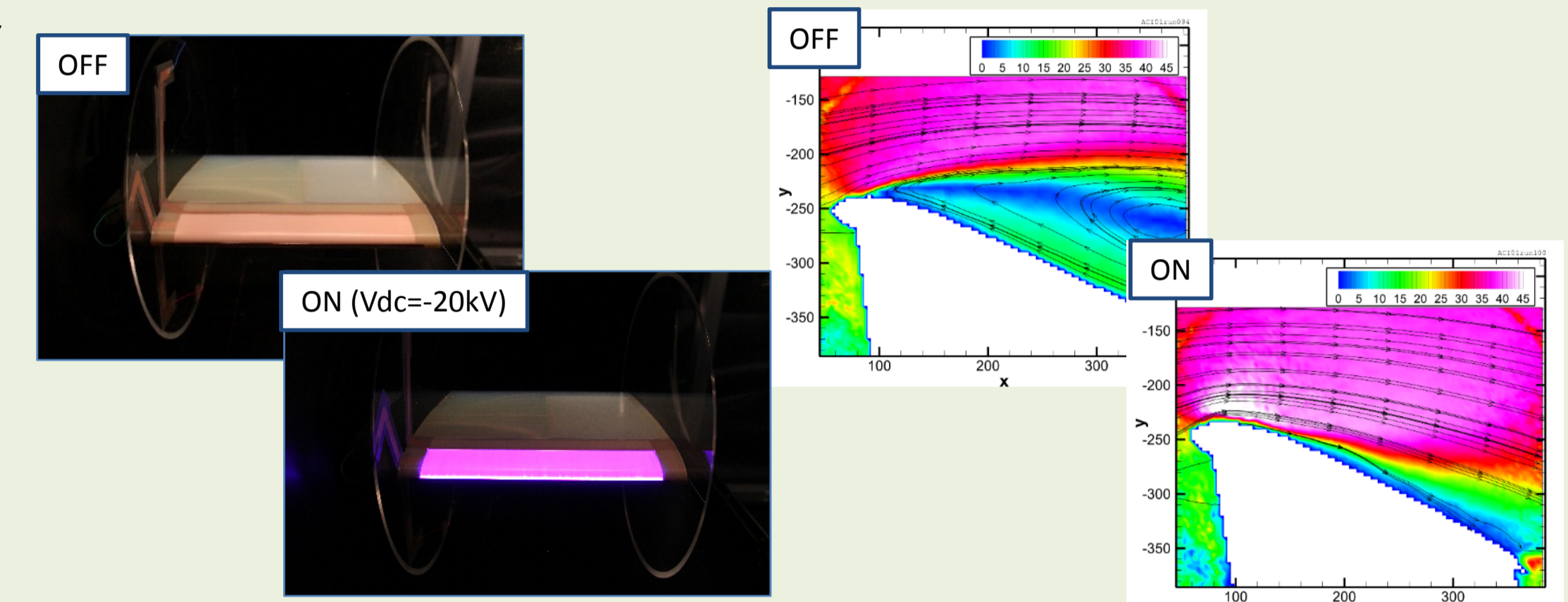
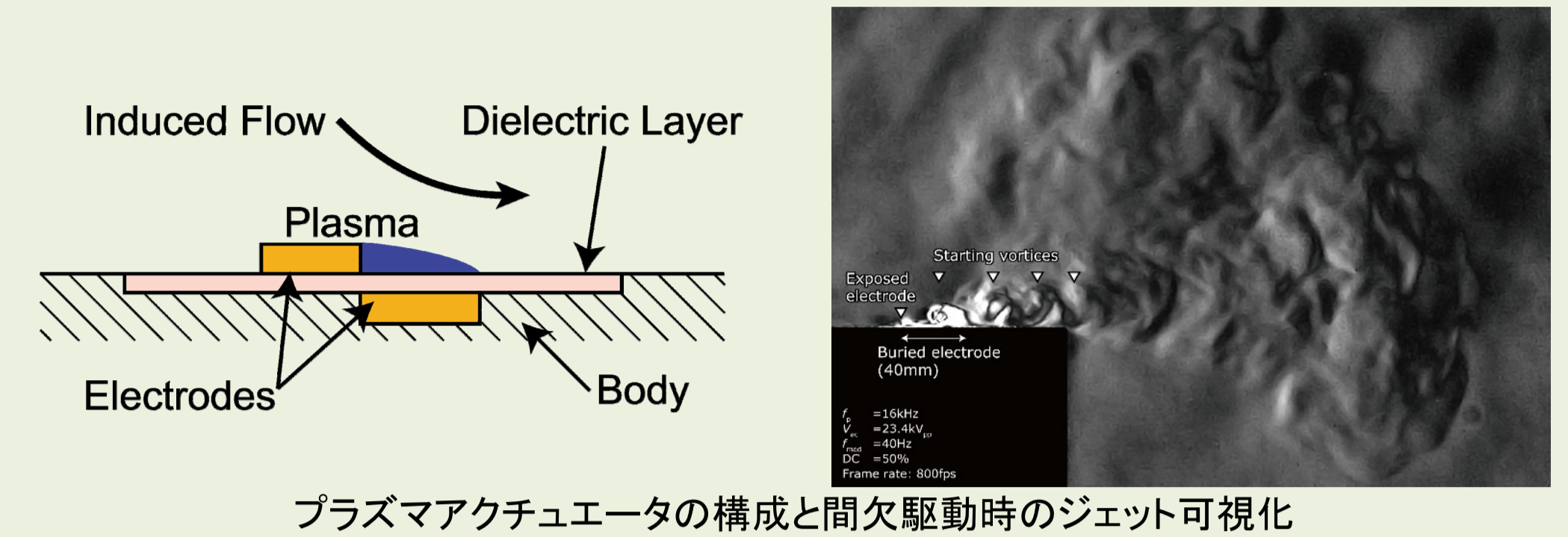
研究背景

プラズマアクチュエータ(PA)

- 放電プラズマを利用した流体制御デバイス
 - 誘電体バリア放電で生成されたプラズマの移動によって、平滑な物体表面から壁面噴流が生成できる
- 可動部分なし, 単純構造, 高速応答
- 流体制御への応用例: ブラフボディ空力抵抗の大幅低減 (80%減) 等多数

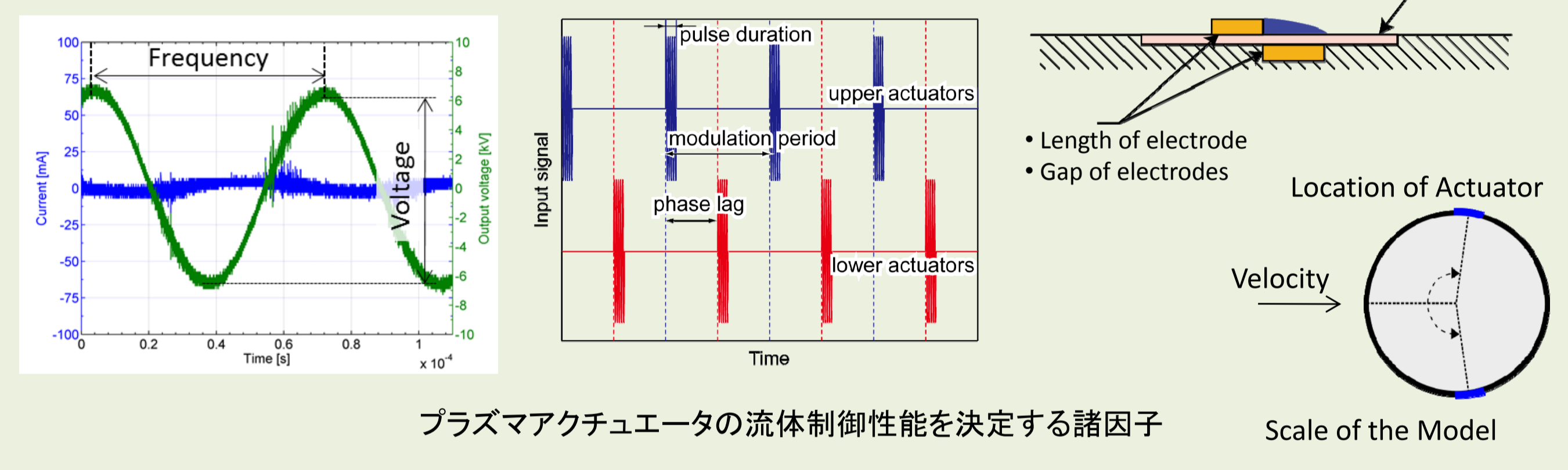
産業的実用化への障壁

- 高速・大スケール流へ適用する場合の流体制御性能低下
- 実問題への適用手法が未開拓
 - ほとんどの研究は、既存の形状に対して後付け設置を想定
 - プラズマアクチュエータのポテンシャルが生かされていない



プラズマアクチュエータ応用研究における現在の課題

課題	現状
PAの噴流強度の不足	高出力の多電極PAが開発 ^[1] され大幅に出力向上
流体制御メカニズムが未解明	「京」を用いた高精度数値解析 ^[2] によって進展
制御因子が非常に多く、最適な設計が困難	未解決 CFD/EFD両面から研究中 (jh170047-NAJなど)

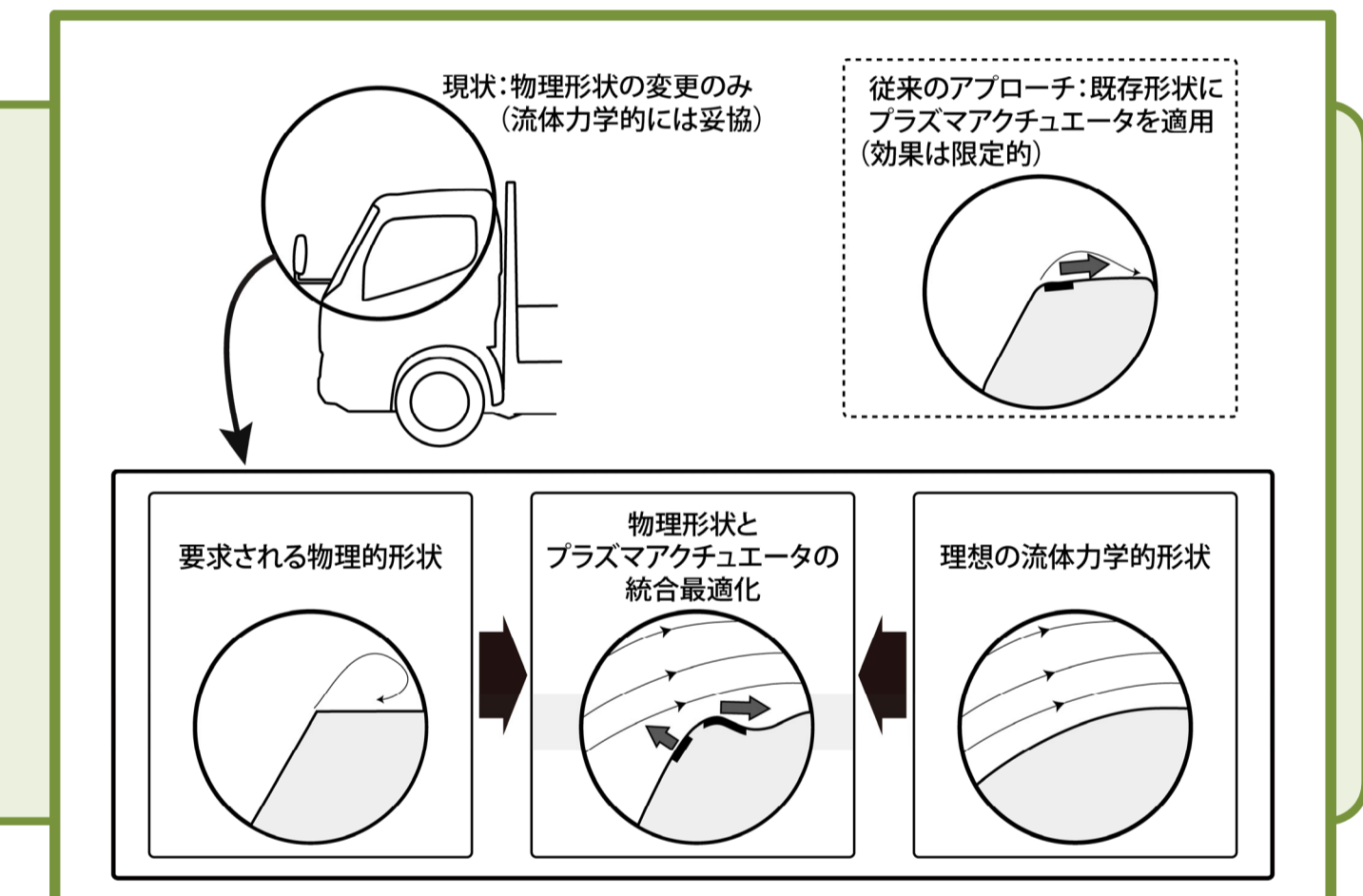


[1] T Matsuno et al 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 249 012005
[2] M Sato et al 2015 AIAA Journal 53 2544-2559

研究目的

多数のプラズマアクチュエータの存在を前提とした高性能な空力形状 ("仮想空力形状") の実現

- 物体の物理形状と、多数のプラズマアクチュエータを統合した空力最適化コンセプトの実証
 - 空力制御効果の最大化と、形状への物理的要求達成の両立

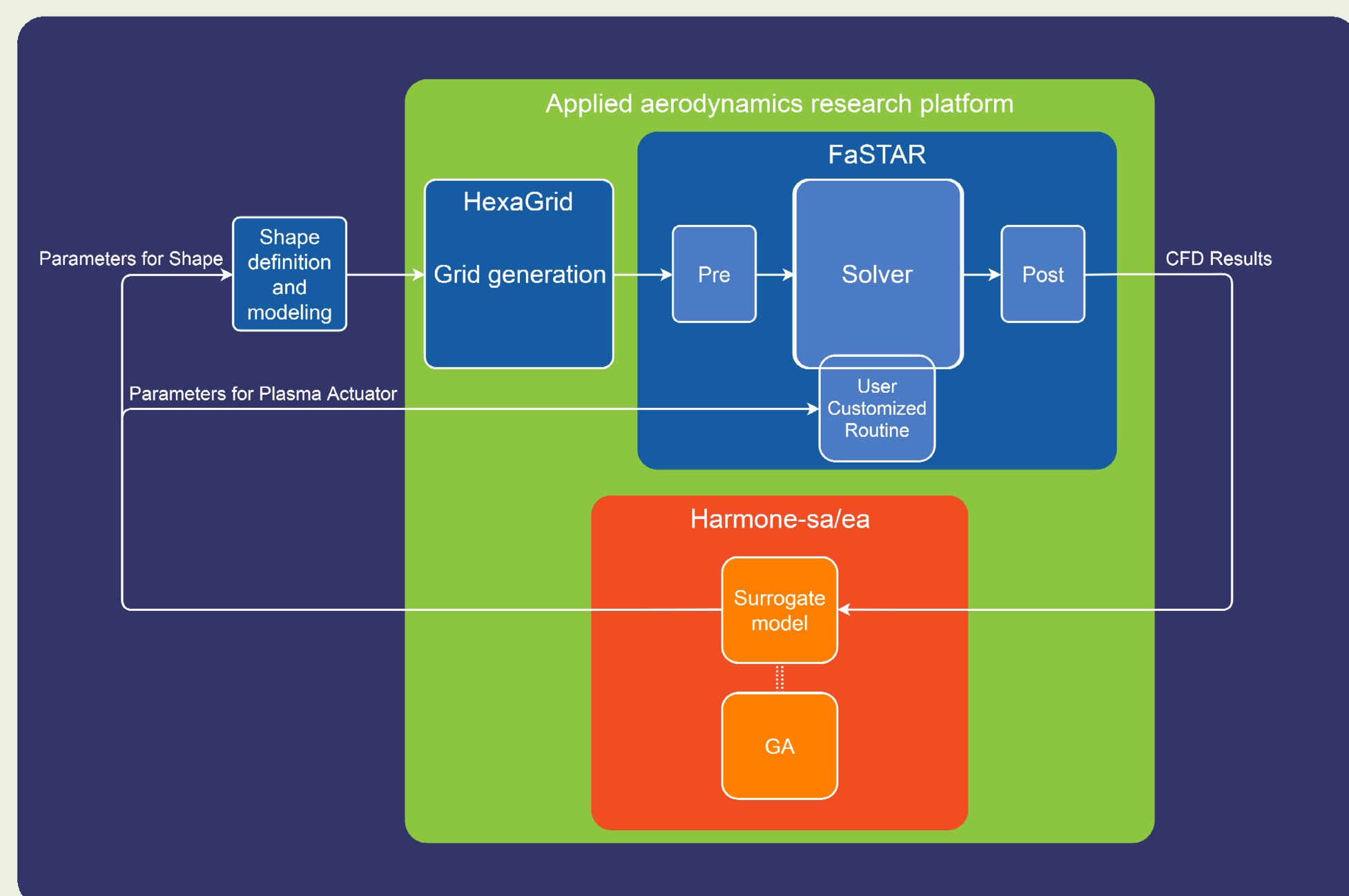


手法

高速CFDコードを用いた空力応用研究プラットフォーム

jh160032-NAJ/jh170047-NAJ (代表者: 松尾裕一 (JAXA)) において幅広いアーキテクチャでの適用性を実証

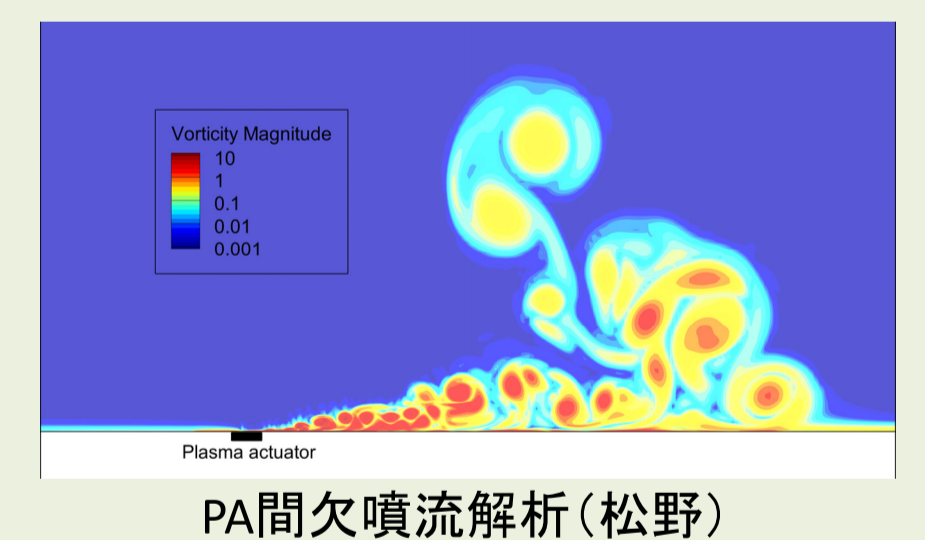
- 空力解析: FaSTAR + User Customized Routines
 - プラズマアクチュエータは体積カソースとしてUCRIに実装
- グリッド自動生成: HexaGrid
 - PARSEC法による形状定義 → STL自動生成 → HexaGrid
- 最適化: Harmone-sa/ea
 - 改良NSGA-IIIによる大域的最適化
 - 多点追加サンプリングEGO法による低コスト最適サンプリング法



研究計画

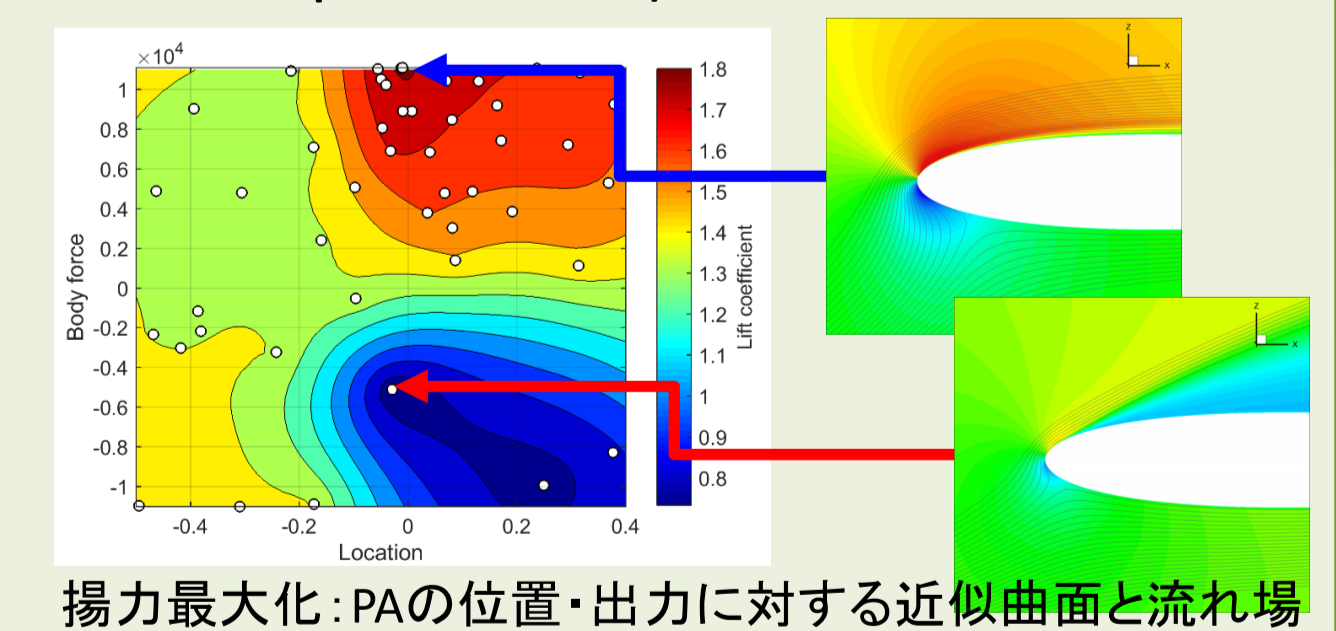
多数分散型プラズマアクチュエータの動作特性解析

- CFD用数値モデルを構築
 - 一様体積カソースモデルを基盤
 - 実物を用いた実験結果を用いて評価



最適化・設計手法の実装

- EGO法の効率的実行手法
 - 解探索の並列化, サンプル取得の投機的実行手法の検討
 - 評価指標にEHVI (expected hypervolume improvement) を適用



形状/PA統合最適設計

- Phase I: フィージビリティスタディ
 - 2次元単純形状 (ブラフボディを予定) の仮想空力形状設計
 - 空力特性の単純な最適化
 - 形状変更とPA設計の統合最適化によるベネフィットの評価
- Phase II: 空力制御効果の最大化
 - 上記で得られた仮想空力形状の多目的最適化
 - 形状変更のコストとPA電力消費etc.のトレードオフ検討